

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-237829

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

G03H 1/16  
G02F 1/35  
G03H 1/22  
G03H 1/26  
G11C 13/04

(21)Application number : 10-040190

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 23.02.1998

(72)Inventor : KONO KATSUNORI

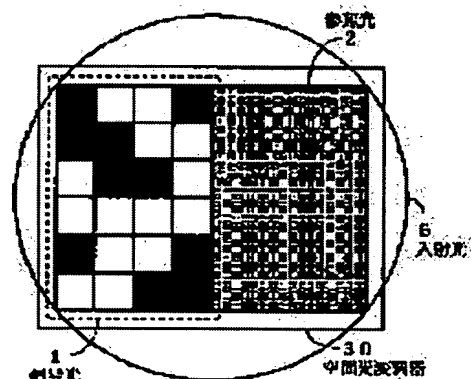
BABA KAZUO

(54) METHOD AND DEVICE FOR OPTICAL RECORDING AND OPTICAL READING

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To constitute an optical system simple and compact in the case of hologram recording while intensifying the image edge part of signal light, to unnecessitate the alignment control of the optical system as well and to enable the high-speed and high-S/N reading of recorded data when read-out.

**SOLUTION:** Laser light from a light source is made into parallel light 6 by a lens and made incident to a spatial light modulator 30. Almost all the surface of the spatial light modulator 30 is irradiated with almost all the incident parallel light 6, the left half of the spatial light modulator 30 is used for data display, light transmitted through the left half is made into signal light 1 while modulating the intensity of the incident parallel light 6 at the part made incident to the left half of the spatial light modulator 30, all the pixels are made open at the right half of the spatial light modulator 30, and the part of the incident parallel light 6 made incident to the right half of the spatial light modulator 30 is transmitted through the spatial light modulator 30 making it as reference light 2 with no modulation. A common Fourier transform lens performs Fourier transform of the signal light 1 and the reference light 2 and they simultaneously irradiate an optical recording medium.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention records data information on an optical recording medium, and relates to the approach and equipment which are read from an optical recording medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] Rewritable optical disk units, such as a phase change mold and an optical MAG mold, have already spread widely. Although recording density is high single or more figures if these optical disk units are compared with a common magnetic disk drive, it is not yet enough for the digital storage of image information. In order to raise recording density, there is need, such as making the diameter of the beam spot small and shortening distance with an adjoining track or a contiguity bit.

[0003] DVD-ROM is one of those which are put in practical use by development of such a technique. The data of 4.7GByte(s) are made as for DVD-ROM to a disk with a diameter of 12cm on one side. High density record of 5.2GByte(s) is possible for DVD-RAM in which writing and elimination are possible by both sides on a disk with a diameter of 12cm by the phase change method. This is equivalent to 3600 or more sheets of 7 or more times of read-only CD-ROM, and a floppy disk.

[0004] Thus, the densification of an optical disk is progressing every year. However, in order that the above-mentioned optical disk may record data in a field on the other hand, the recording density is restricted to the diffraction limitation of light, and 5 Gbit/cm<sup>2</sup> called physical limitation of high density record is approached. Therefore, for the further large-capacity-izing, the three-dimension (volume mold) record also including the depth direction is needed.

[0005] A photorefractive ingredient is mentioned as an ingredient of the optical recording medium of a volume mold. Since this ingredient absorbs a taper comparatively and produces refractive-index change, the information record by optical induction refractive-index change is possible for it. For this reason, it can use for the volume multiplex hologram record in which large-capacity-izing is possible.

[0006] The record playback approach thru/or optical system of a digital hologram memory indicated by drawing 12 (A) SCIENCE, VOL.265, and p749 (1994) is shown.

[0007] By this approach, LiNbO<sub>3</sub> is used for the hologram record medium 5, and the laser beam from the light source 10 is divided into two light waves by the beam splitter 25, and with lenses 21 and 22, the laser beam which penetrated the beam splitter 25 is made into parallel light with large aperture, and carries out incidence to the space optical modulator 30.

[0008] The space optical modulator 30 is controlled by the computer 40, and the signal light 1 which has two-dimensional intensity distribution is obtained as a light which passed the space optical modulator 30. You carry out the Fourier transform of this signal light 1, and it makes it condense on the hologram record medium 5 with a lens 23.

[0009] On the other hand, the laser beam reflected by the beam splitter 25 is reflected by mirrors 26 and 27, a reference beam 2 is obtained, and incidence of this reference beam 2 is carried out to the hologram record medium 5. Thus, by irradiating the signal light 1 and a reference beam 2 at the hologram record medium 5 at coincidence, a hologram is recorded into the hologram record medium 5.

[0010] Only the reference beam 2 obtained as mentioned above at the time of hologram read-out is irradiated as a read-out light 3 at the hologram record medium 5. The read-out light 3 is diffracted on the optical path of the signal light 1 by this as if the signal light 1 passed the hologram record medium 5. Image formation of the diffracted light 4 is carried out on a camera 60 with a lens 24.

[0011] By this approach, the differential code method is used for the display of bit data at the data input using the space optical modulator 30. As shown in drawing 12 (B), using 2 pixels as a pair, data "0" are expressed with "\*\*\*\*\*" and "light and darkness" expresses data "1" by the differential code method.

[0012] Since the number of light and darkness is the same whenever it uses such a differential code method, it becomes fixed [ the quantity of light of the body light which passed the space optical modulator 30 ]. Therefore, it is not necessary to adjust the reinforcement of a reference beam 2 for every page. Moreover, although it is difficult to be easy to generate quantity of light unevenness in playback of a hologram, and to attach the break of monochrome level uniformly, according to the differential code method, it is [ that what is necessary is just to read an edge ] strong also in a noise.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there is a problem as shown below in the conventional approach mentioned above.

[0014] Usually, in order to record a hologram, the signal light which has data information, and this and the reference beam in which it interferes are required. In order to have to interfere in these 2 light wave in a hologram medium, it needs to dissociate from the same laser light source, and needs to generate these 2 light wave, and needs to carry out the optical path difference of these 2 light wave within the coherence length of laser. However, although it is possible practically to use a laser diode for the light source, since the coherence length of a laser diode is very short, a very high precision is required of the alignment of optical system.

[0015] Furthermore, although it is necessary to make signal light and a reference beam cross in a hologram medium, since the spot of signal light becomes very small in a hologram medium in recording the Fourier transform hologram which condensed signal light with the lens, it is very difficult [ it ] to double a reference beam with this.

[0016] Moreover, as for signal light and a reference beam, each also has the problem that a playback image deteriorates, in response to the effect of noises, such as outdoor daylight and optical system, in order to pass an independent optical path, respectively. Furthermore, since an optical path respectively independent of signal light and a reference beam is needed, a system is not made into a compact.

[0017] Moreover, by the conventional approach, the edge of data is read by the differential code method shown in drawing 12 (B). However, the differential code method has the use effectiveness of a pixel as low as 0.5 in order to display 1-bit data by 2 pixels. Therefore, there is a problem that data density recordable on 1 page falls.

[0018] Furthermore, by the differential code method, after incorporating a hologram reconstruction image by two-dimensional photo detectors, such as CCD, and changing into a serial electrical signal, in order to read an edge electrically and to change into bit data, processing takes time amount and there is also a problem that a transfer rate falls. That is, from a hologram, even if it can read two or more bit information to juxtaposition, since electric data processing is performed serially, a transfer rate quick as a result cannot be attained.

[0019] Then, while it is easy and small and alignment adjustment can also make optical system unnecessary, the high density record of this invention is attained, and it is made for the fast transfer of it to become possible in the approach of recording data information as a hologram at the time of playback.

[0020]

[Means for Solving the Problem] By the optical recording approach of this invention, in the optical recording approach which records the image edge part of said signal light as a hologram into that optical recording medium, signal light and a reference beam are irradiated at an optical recording medium at coincidence, signal light and a reference beam are formed according to the common optical system which contains the space optical modulator for signal light formation especially, the Fourier transform of that signal light and reference beam is carried out, and they are irradiated

according to common image formation optical system at an optical recording medium.

[0021] When it is formed by the optical reading approach of this invention of the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation and the signal light and the reference beam the Fourier transform was carried out [ the reference beam ] by common image formation optical system are irradiated by coincidence Said hologram is read from the optical recording medium with which the image edge part of said signal light was recorded as a hologram by the read-out light which has the same wave front as said reference beam, the diffracted light which has the image edge part of said signal light is obtained, and data are read in the edge part.

[0022]

[Function] Although what kind of thing may be used as an optical recording medium used by the optical recording approach of this invention as long as a hologram is recordable, especially a photorefractive ingredient is suitable. a photorefractive ingredient -- (1) -- it is about several mW low laser beam power, and since it applies to a near-infrared wavelength region from (2) light wavelength region where a big nonlinear-refractive-index change, such as -2, is obtained and an off-resonance target has sensibility, it is observed as a rewritable ingredient for hologram memories for the reasons of there being  $\Delta n = 10^{-6} - 10^{-3}$  with little loss by light absorption memory effect.

[0023] In order to discover a photorefractive effect, it is required for the level which originates [ 1st ] in an impurity or a defect to exist. This is called PR core. PR core is ionized by light and emits a free carrier (an electron or electron hole). It means that it recombines with ionized PR core and the charge had moved it as a result after this free carrier moved by diffusion, the drift by electric field, etc. in the inside of the matter. If the light to irradiate is spatially uneven, space charge distribution, therefore electric-field distribution will be produced in the matter. Here, as the 2nd condition, if the photorefractive matter has the electro-optical effect, the refractive-index change by internal electric-field distribution will be produced.

[0024] As mentioned above, an elementary process essential in discovering a photorefractive effect is four, generation of the carrier by (1) optical pumping, transportation of (2) carriers, formation of (3) space electric field, and change \*\* of the refractive index by (4) electro-optical effects.

[0025] This process is shown using drawing 9 . First, two light waves coherent into a photorefractive ingredient are irradiated, and interference fringe  $I(x)$  is formed. In the location where optical reinforcement is strong, the electron of donor level is excited by the conduction band, moves by diffusion or the drift, and is captured in the location where optical reinforcement is weak. Therefore, in the location where optical reinforcement is strong, a plus charge remains, a minus charge collects, charge distribution  $\rho(x)$  is formed, and electrostatic field  $E(x)$  is produced in a weak location. And refractive-index change  $\Delta n(x)$  is produced as a result of the electro-optical effect by this electrostatic field  $E(x)$ . This period of refractive-index change  $\Delta n(x)$  is the same as the period of interference fringe  $I(x)$ , and this refractive index grating acts as a hologram diffraction grating.

[0026] Although drawing 9 shows the case where a charge moves by diffusion, in distribution of light, and distribution of electric field, it turns out that about 90 degrees of phases have shifted. When external electric field are impressed or there is the photovoltaic effect, this phase shift stops being 90 degrees.

[0027] Holography is divided into the phase which records a hologram, and the phase to reproduce. record -- a phase -- \*\*\*\* -- drawing 10 -- R -- > -- zero -- (-- A --) -- being shown -- as -- information -- having -- a signal -- light -- (--  $E_p$  --) -- one -- a reference beam -- (--  $E_f$  --) -- two -- the hologram record medium 5 -- coincidence -- irradiating -- the inside of the hologram record medium 5 -- both interference fringe -- recording . Permeability  $T$  at this time  $T = (A_p + A_f)(A_p^* + A_f^*)$   
 $= |A_p|^2 + |A_f|^2 + A_p A_f^* + A_f A_p^*$  -- (1)

It is come out and expressed. However,  $A_p$  and  $A_f$  are the complex amplitude in the field of  $z=0$  of light waves  $E_p$  and  $E_f$ , respectively.

[0028] playback -- a phase -- \*\*\*\* -- drawing 10 -- (-- B --) -- being shown -- as -- record -- the time -- a reference beam -- (--  $E_f$  --) -- two -- being the same -- read-out -- light -- (--  $E_f$  --) -- three -- the hologram record medium 5 -- irradiating . Electric field  $A_c$  of the light wave ( $E_c$ ) 4 diffracted rightward [ of the hologram record medium 5 ] at this time  $A_c = T A_f - (|A_p|^2 + |A_f|^2) A_f$   
 $+ |A_f|^2 A_p + A_f^2 A_p^*$  -- (2)

It is come out and given and only the 2nd term fulfills the conditions of Bragg. The 2nd term  $A_c$ -

[Af]2Ap -- (3)

Come out, and it is, has a phase factor  $\exp [-i(kp) \text{ and } r]$ , and will have the same wave front as the signal light ( $E_p$ ) 1 by  $z > 0$ .

[0029] When an artificer's include angle which the signal light at the time of record and a reference beam make is very small as a result of experiment research, The time of crossing one parallel light to the whole surface mostly, irradiating a space optical modulator, and modulating some fields of incidence parallel light with a space optical modulator especially, When the transmitted light of the modulated part was made into signal light, the transmitted light of the part which is not modulated was made into a reference beam and the recorded hologram was read, it found out that the diffracted light as which the edge (a profile, boundary) of the two-dimensional intensity distribution (image) of signal light was emphasized was obtained.

[0030] This can be explained as follows. Although the include angle which two light waves make is small, and the interference region of two light waves is small when the light wave of either or both is condensed with the lens, spacing of the interference fringe formed into an optical recording medium becomes large, and the phenomenon in which the diffraction grating of sufficient number for the field in which two light waves interfere is not recorded is produced. Therefore, when there is no change of signal luminous-intensity distribution, sufficient record for hologram diffraction is not performed.

[0031] However, the include angle which signal light and a reference beam make by the diffraction phenomena of a light wave becomes large, and spacing of the interference fringe formed into an optical recording medium becomes narrow in a place with change of signal luminous-intensity distribution, i.e., the edge part of an image. Therefore, the diffraction grating of sufficient number for the field in which two light waves interfere is recorded, and only the edge part of signal light is recorded as a hologram.

[0032] (The spacing  $\lambda$  of the interference fringe by two light waves, i.e., the lattice spacing of a diffraction grating, if wavelength of  $\lambda$  and two light waves is set [ the include angle which signal light and a reference beam make ] to  $\lambda$  for the refractive index of  $n$  and an optical recording medium  $\Lambda = \lambda / 2n \sin [(1/2) \sin^{-1} \{(1/n) \sin \theta\}]$  -- (4))

It is come out and given.

[0033] The lattice spacing formed from this formula of the transmitted light component which is not diffracted in the non-edge part of signal light and a reference beam can be estimated. For example, a refractive index  $n = 1.5$  and the wavelength of  $\lambda = 500\text{nm}$  are assumed, and it will be set to about 15 micrometers if the lattice spacing by which two light waves at the time of carrying out image formation with both lenses with a focal distance of 30cm form the signal light and the reference beam of the point light source which separated 2cm in the perpendicular direction is calculated to an optical axis. If the interference region of two light waves is  $\sim 100\text{micrometer}$ , the diffraction grating formed in the field is [ several / at most ], and is not enough to obtain the strong diffracted light. For this reason, it is thought in fields other than the edge of signal light that hologram record is not fully performed.

[0034] Furthermore, the effectiveness of the above-mentioned profile emphasis can be reinforced by using a photorefractive ingredient as an optical recording medium. Drawing 11 shows the most general lattice spacing dependency of hologram diffraction efficiency of a photorefractive ingredient. With an ingredient, the difference in some shows diffraction efficiency with the lattice spacing of a certain thing high at several micrometers, and diffraction efficiency becomes low by the lattice spacing beyond it. The internal electric field strength formed into a photorefractive medium depends this on it being dependent on a lattice spacing.

[0035] Therefore, when there is no change of signal luminous-intensity distribution, since the include angle which signal light and a reference beam make is small and a lattice spacing is still large, hologram diffracted-light reinforcement becomes low. On the other hand, since whenever [ incident angle ] changes by the diffraction in an edge part, a lattice spacing becomes narrow and hologram diffracted-light reinforcement becomes high in a place with change of signal luminous-intensity distribution, i.e., the edge part of an image. For this reason, the hologram diffracted light as which the edge part of signal light was emphasized will be obtained.

[0036] As mentioned above, paying attention to this point by the optical recording approach of this

invention In the optical recording approach which irradiates signal light and a reference beam at an optical recording medium at coincidence, and records the image edge part of said signal light as a hologram into the optical recording medium Signal light and a reference beam are formed according to the common optical system which contains the space optical modulator for signal light formation especially, according to common image formation optical system, the Fourier transform of the signal light and reference beam is carried out, and they are irradiated at an optical recording medium.

[0037] Therefore, according to the optical recording approach of this invention, the image edge part of signal light can be emphasized and hologram record can be carried out without needing special processing.

[0038] As mentioned above, paying attention to the above-mentioned point moreover, by the optical reading approach of this invention When it is formed of the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation and the signal light and the reference beam the Fourier transform was carried out [ the reference beam ] by common image formation optical system are irradiated by coincidence Said hologram is read from the optical recording medium with which the image edge part of said signal light was recorded as a hologram by the read-out light which has the same wave front as said reference beam, the diffracted light which has the image edge part of said signal light is obtained, and data are read in the edge part.

[0039] Therefore, according to the optical reading approach of this invention, the reconstruction image as which the image edge part of signal light was emphasized can be acquired without needing special processing.

[0040]

[Embodiment of the Invention] [Operation gestalt of the optical recording approach and optical recording equipment] Drawing 1 shows 1 operation gestalt of the optical recording approach of this invention, and optical recording equipment. The light source 10 should just emit the coherent light of the wavelength which has sensibility in the hologram record medium 5. The example of drawing is the case where 515nm of oscillation lines of an Ar ion laser is used.

[0041] With two lenses 21 and 22, the laser beam which carried out outgoing radiation from this light source 10 is made into the parallel light 6, and carries out incidence to the space optical modulator 30. As a space optical modulator 30, the liquid crystal panel of an electrical-potential-difference address type, the thing which attached the matrix electrode to the electro-optics crystal can be used.

[0042] In this example, a liquid crystal space optical modulator as shown in drawing 2 R> 2 is used as a space optical modulator 30. The liquid crystal layer 31 was pinched with transparent electrodes 32 and 33, the polarizing plates 34 and 35 which crossed the outside mutually were arranged, and a liquid crystal space optical modulator can modulate the amplitude thru/or reinforcement of incident light.

[0043] The data information which should be recorded on a hologram is a computer 40, and modulates the reinforcement of the parallel light 6 which carries out incidence to the space optical modulator 30 to two-dimensional according to the data information which codes, uses as two-dimensional digital data, or should output to the space optical modulator 30 from a computer 40 as two-dimensional image information of an analog, should display on the space optical modulator 30, and should be recorded.

[0044] The example of presenting of the data information to the space optical modulator 30 top is shown in drawing 3 . This drawing expresses the wave front after [ the incidence parallel light 6 ] passing the space optical modulator 30 for all by the case of the space optical modulator 30 where the whole surface is irradiated mostly, mostly.

[0045] In this case, the part which the left half of the space optical modulator 30 is used for data display, the reinforcement of the part which carries out incidence to the left half of the space optical modulator 30 in the incidence parallel light 6 is modulated, and the right half of the space optical modulator 30 makes all pixels open, and carries out incidence to the right half of the space optical modulator 30 in the incidence parallel light 6 makes the space optical modulator 30 penetrate with no becoming irregular. Therefore, the light which penetrated the left half of the space optical modulator 30 turns into the signal light 1, and the light which penetrated the right half turns into a reference beam 2.

[0046] however, the incidence parallel light 6 -- almost -- one half -- a space optical modulator -- the whole surface is made to carry out incidence mostly, the transmitted light is made into the signal light 1, and the space optical modulator of the incidence parallel light 6 is not passed -- it remains and is good also considering one half as a reference beam 2.

[0047] Thus, the Fourier transform of the light which passed through the opening field of the space optical modulator 30 with which reinforcement is not modulated on the other hand considering the light which passed through the data display field of the space optical modulator 30 with which reinforcement was modulated by two-dimensional according to data information as a signal light 1 is carried out by Fourier transformer lens 23 as a reference beam 2, respectively, and the hologram record medium 5 is irradiated at coincidence.

[0048] In the hologram record medium 5, the signal light 1 modulated by data information and the reference beam 2 which is not modulated interfere, and the image edge part of the signal light 1 holding data information is recorded as a hologram by this.

[0049] As mentioned above, according to the optical recording approach of this invention thru/or optical recording equipment, the image edge part of the signal light 1 can be emphasized, and hologram record can be carried out without needing special processing. Furthermore, they have the advantage that alignment adjustment of optical system also becomes unnecessary while they do not need an optical path independent of the signal light 1 and a reference beam 2 but can constitute optical system simply and small, since it is condensed by Fourier transformer lens 23 on the hologram record medium 5 and interferes in the signal light 1 and a reference beam 2 mutually by it, respectively.

[0050] [Operation gestalt of the optical reading approach and an optical reader] Drawing 4 shows 1 operation gestalt of the optical reading approach of this invention, and an optical reader. The optical reader of this operation gestalt adds the two-dimensional photodetectors 50, such as Fourier transformer lens 24 and CCD, to the optical recording equipment of drawing 1. Data information is recorded on the hologram record medium 5 by the approach mentioned above.

[0051] As the light source 10, the same thing as the thing at the time of record is used. Like the time of record, with two lenses 21 and 22, the laser beam which carried out outgoing radiation from this light source 10 is made into the parallel light 6, and carries out incidence to the space optical modulator 30. The thing same also as a space optical modulator 30 as the thing at the time of record is used.

[0052] And by computer 40, as shown in drawing 5, all signal light field 30a that displayed data information at the time of record of the space optical modulator 30 is shaded, and all pixels are made open, and at the time of hologram read-out, a reference beam field reads the light wave of the part which penetrated this reference beam field in incident light 6, and makes it light (reference beam) 3 at it.

[0053] However, drawing 5 obtains the signal light 1 by which intensity modulation was carried out to data display using the left half of the space optical modulator 30 as shown in drawing 3 at the time of record, and a right half is the case where all the pixels are made open for reference beam formation. the time of record -- incident light 6 -- what is necessary is to make the whole surface carry out incidence mostly, to make the transmitted light into the signal light 1, and just to shade all the pixels of a space optical modulator for one half mostly, at the time of read-out, in [ of a space optical modulator / which does not penetrate the space optical modulator of incident light 6 ] remaining and making one half into a reference beam 2

[0054] Thus, without penetrating the light which penetrated the reference beam field of the space optical modulator 30 in incident light 6, or a space optical modulator, the Fourier transform of the light which passed the one side is carried out by Fourier transformer lens 23 as a read-out light 3, and the hologram record medium 5 is irradiated.

[0055] The hologram on which the signal light 1 modulated by data information and the image edge part of the signal light 1 which it reads, and light 3 interferes and holds data information which is not modulated are recorded is read in the hologram record medium 5 by this. The read diffracted light 4 is diffracted in the direction in which the signal light 1 passed the hologram record medium 5.

[0056] Since the Fourier transform of the signal light 1 in the hologram record medium 5 is carried out by Fourier transformer lens 23, by carrying out the inverse Fourier transform of the diffracted



light 4 by Fourier transformer lens 24, it is the focal plane of Fourier transformer lens 24, and the reconstruction image as which the image edge part of the signal light 1 was emphasized can be observed. The photodetectors 50, such as CCD and a photodetector array, detect this reconstruction image, and the data information which the image edge part of the signal light 1 has is read.

[0057] However, since a reconstruction image appears next to the read-out light 3 at this time, if the location of a photodetector 50 is adjusted appropriately or there is need, it will read with a mask 29 and light 3 will be intercepted.

[0058] Drawing 6 shows the read diffracted light 4. The edge part of the image horizontally of the signal light 1 it was shown in drawing 3 R> 3 is emphasized. This is because the space optical modulator 30 has separated the signal light 1 and a reference beam 2 horizontally.

[0059] As mentioned above, according to the optical reading approach thru/or the optical reader of this invention, the reconstruction image as which the image edge part of the signal light 1 was emphasized can be acquired without needing special processing. Furthermore, when dealing with binary digital data, the recorded data can be read with a high speed and a high SN ratio by the code method shown below.

[0060] The 8-bit data stream of the contents of data "10011011" is shown in an example. At the time of record, by the space optical modulator 30, this data stream is changed into the signal light 1 by which intensity modulation was horizontally carried out to the order of "\*\*\*\*\* light-and-darkness \*\*\*\*\*", as shown in drawing 7 (A). Here, if the adjoining pixel is "\*\*\*\*\*" or "light and darkness", data "1" are expressed, and if it is "\*\*\*\*\*" or "\*\*\*\*\*", it will set up so that data "0" may be expressed. Only a part for the party of the data streams of a multi-line is shown in drawing 7.

[0061] It records into the hologram record medium 5 with the optical recording equipment which mentioned this signal light 1 above, and if it reads with the optical reader which mentioned that reconstruction image above, as shown in drawing 7 (B), the diffracted light 4 as which the image edge part of the signal light 1 was emphasized will be obtained. However, for convenience, drawing 7 (B) carries out right-and-left reversal, and shows the acquired reconstruction image. Since the edge part of this reconstruction image corresponds to data "1" exactly, the data stream "10011011" can be read only by reading the edge location of a reconstruction image in the diffracted light 4.

[0062] Therefore, according to this code method, like the differential code method shown and mentioned above to drawing 12 R> 2 (B), after changing a reconstruction image into a serial electrical signal, processing in which an edge is read electrically is not needed. Therefore, fast transfer becomes possible. Furthermore, since data are read by the edge part of a reconstruction image, degradation of the SN ratio by the spots of the diffracted light 4 on the strength etc. can be prevented sharply.

[0063] Furthermore, by the differential code method, since 1-bit data are displayed by 2 pixels, recording density falls, but by the above-mentioned code method, since 1 pixel is made to correspond to 1-bit data, recording density can be doubled compared with the differential code method.

[0064] In order to keep the full strength of signal light constant without being dependent on data information, as shown in drawing 8 (A), pixel data stream 1b which becomes the relation of NEGAPOJI exactly with this is added to the lower berth to pixel data stream 1a of an original signal light, and it uses for the signal light 1 by making the pixel data streams 1a and 1b of the two trains into a pair. However, only the party of the pair data streams of a multi-line is shown in drawing 8.

[0065] Thus, by making into a pair the data streams 1a and 1b which have the relation of NEGAPOJI mutually, the full strength of the signal light 1 can be kept constant without being dependent on data information. Furthermore, as shown in drawing 8 (B), as for the reconstruction image as which the image edge part of the signal light 1 was emphasized, the data streams 4a and 4b of two trains have the same space intensity distribution. Therefore, improvement in an SN ratio and error detection become possible by reading and comparing the data streams 4a and 4b of these 2 train. However, for convenience, drawing 8 (B) carries out right-and-left reversal, and shows the acquired reconstruction image.

[0066] [Example] By the approach mentioned above, record playback was actually tried. Although what kind of thing could be used as a hologram record medium 5 as long as the hologram was recordable, the iron dope LiNbO<sub>3</sub> which shows a photorefractive effect was used here. The iron

amount of dopes is 0.02-mol%, and has arranged the c-axis of a crystal in include angle of about 90 degrees to incident light 6.

[0067] The optical recording equipment shown in drawing 1 was used for record of data information. 515nm of oscillation lines of an Ar ion laser mentioned above was used for the light source 10. The magnitude of 1 pixel used the 640x480-pixel liquid crystal panel 1.3 mold for projectors for the space optical modulator 30 by 42micrometerx42micrometer.

[0068] The data information of the contents shown in drawing 3 was created by computer 40, and it inputted into the space optical modulator 30. By this, the hologram was recorded into the hologram record medium 5 by the approach mentioned above.

[0069] It tried to read data from the hologram recorded as mentioned above with the optical reader shown in drawing 4 . 515nm of oscillation lines of the same Ar ion laser as the time of record was used for the light source 10. The space optical modulator 30 shaded all signal light field 30a, as shown in drawing 5 , and it controlled all reference beam fields by the computer 40 to make light penetrate.

[0070] At this time, drawing 6 showed the diffracted light 4 which was obtained from the hologram and detected by the photodetector 50, and checked that the image edge part of the signal light 1 was emphasized.

[0071]

[Effect of the Invention] The image edge part of signal light can be emphasized and hologram record can be carried out without needing special processing according to the optical recording approach of this invention, and optical recording equipment, as mentioned above. Furthermore, since an optical path respectively independent of signal light and a reference beam is not needed, while being able to constitute optical system simply and small, alignment adjustment of optical system also becomes unnecessary.

[0072] Moreover, according to the optical reading approach and the optical reader of this invention, the reconstruction image as which the image edge part of signal light was emphasized can be acquired without needing special processing. Furthermore, when dealing with binary digital data, the recorded data can be read with a high speed and a high SN ratio.

[0073] Moreover, application to hologram multiplex record of include-angle multiplex record, wavelength multiplexing record, phase code multiplex record, shift multiplex record, etc. is also possible for the optical recording approach of this invention, and the optical reading approach, and it is suitable also for high density record.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical recording approach characterized by irradiating signal light and a reference beam at an optical recording medium at coincidence, forming signal light and a reference beam in the optical recording approach which records the image edge part of said signal light as a hologram into the optical recording medium according to the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation, carrying out the Fourier transform of the signal light and reference beam according to common image formation optical system, and irradiating them at an optical recording medium.

[Claim 2] The optical recording approach characterized by said optical recording medium consisting of a photorefractive ingredient in the optical recording approach of claim 1.

[Claim 3] the optical recording approach of claims 1 or 2 -- setting -- said signal light -- a part of one parallel light -- said a part of space optical modulator -- some everything [ should become irregular in the field and / reference beam / said ] but said one parallel light -- said a part of other space optical modulators -- the optical recording approach characterized by making a field penetrate.

[Claim 4] It is the optical recording approach which said signal light should modulate a part of one parallel light with said space optical modulator in the optical recording approach of claims 1 or 2, and is characterized by said reference beam passing the near field of said space optical modulator for said a part of other one parallel light.

[Claim 5] The optical recording approach that signal light modulated by said space optical modulator is characterized by being the image coded by optical reinforcement binary in one optical recording approach of claims 1-4.

[Claim 6] The optical recording approach characterized by giving data information to the edge part of said image coded binary in the optical recording approach of claim 5.

[Claim 7] Optical recording equipment equipped with the common image formation optical system which modulates the light from said light source according to the light source which emits coherent light, and data information, carries out the Fourier transform of the reference beam formed from the space optical modulator which obtains the signal light which holds said data information by the wave front, said signal light, and the light from said light source, respectively, and irradiates an optical recording medium.

[Claim 8] Optical recording equipment characterized by said optical recording medium consisting of a photorefractive ingredient in the optical recording equipment of claim 7.

[Claim 9] In the optical recording equipment of claims 7 or 8, it has the optical means which changes the light from said light source into one parallel light. Said signal light said a part of one parallel light -- said a part of space optical modulator -- some everything [ should become irregular in the field and / reference beam / said ] but said one parallel light -- said a part of other space optical modulators -- the optical recording equipment characterized by making a field penetrate.

[Claim 10] It is optical recording equipment which is equipped with the optical means which changes the light from said light source into one parallel light in the optical recording equipment of claims 7 or 8, and said signal light should modulate said a part of one parallel light with said space optical modulator, and is characterized by said reference beam passing the near field of said space optical modulator for said a part of other one parallel light.

[Claim 11] Optical recording equipment characterized by said data information being the image

coded by optical reinforcement binary in one optical recording equipment of claims 7-10.

[Claim 12] Optical recording equipment characterized by giving data information to the edge part of said image coded binary in the optical recording equipment of claim 11.

[Claim 13] Optical recording equipment characterized by said space optical modulator being a liquid crystal space optical modulator in one optical recording equipment of claims 7-12.

[Claim 14] When it is formed of the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation and the signal light and the reference beam the Fourier transform was carried out [ the reference beam ] by common image formation optical system are irradiated by coincidence Said hologram is read from the optical recording medium with which the image edge part of said signal light was recorded as a hologram by the read-out light which has the same wave front as said reference beam. The optical reading approach of obtaining the diffracted light which has the image edge part of said signal light, and reading data in the edge part.

[Claim 15] The optical reading approach which carries out the Fourier transform of said read-out light, and is characterized by irradiating said hologram in the optical reading approach of claim 14.

[Claim 16] The optical reading approach which carries out the Fourier transform of said diffracted light, and is characterized by reading said data in the optical reading approach of claims 14 or 15.

[Claim 17] When it is formed of the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation and the signal light and the reference beam the Fourier transform was carried out [ the reference beam ] by common image formation optical system are irradiated by coincidence The image edge part of said signal light irradiates said reference beam and the read-out light which has the same wave front at the optical recording medium recorded as a hologram. An optical reader equipped with the read-out light optical system which reads the hologram recorded on said optical recording medium, and the photodetector which detects the wave front of the diffracted light from said hologram, and reads data information.

[Claim 18] The optical means which changes the light from the light source into one parallel light in the optical reader of claim 17, A field is shaded. the space optical modulator formed on that one optical path of parallel light -- having -- a part of this space optical modulator -- The others by which said space optical modulator is not shaded [ light / said / a part of / one / parallel ] in some of everything [ the / irradiate a field in part and / light / said / read-out ] but said one parallel light that shaded are the optical readers characterized by making a field penetrate a part.

[Claim 19] The optical reader which carries out the Fourier transform of said read-out light, and is characterized by irradiating said hologram in the optical reader of claims 17 or 18.

[Claim 20] The optical reader characterized by carrying out the Fourier transform of said diffracted light, and carrying out incidence to said photodetector in one optical reader of claims 17-19.

[Claim 21] The optical recording medium with which the image edge part of said signal light was recorded as a hologram when it was formed of the common optical system containing the space optical modulator for signal light formation and the signal light and the reference beam the Fourier transform was carried out [ the reference beam ] by common image formation optical system were irradiated by coincidence.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the optical recording approach of this invention, and an example of optical recording equipment.

[Drawing 2] It is drawing showing an example of the space optical modulator used by this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing an example of the signal light at the time of hologram record, and a reference beam.

[Drawing 4] It is drawing showing an example of the optical reading approach of this invention, and an optical reader.

[Drawing 5] It is drawing showing an example of the read-out light at the time of read-out.

[Drawing 6] It is drawing showing an example of the diffracted light at the time of read-out.

[Drawing 7] It is drawing showing an example of the signal light at the time of record, and the diffracted light at the time of read-out.

[Drawing 8] It is drawing showing an example of the signal light at the time of record, and the diffracted light at the time of read-out.

[Drawing 9] It is drawing showing a photorefractive effect.

[Drawing 10] It is drawing showing the record playback approach of a hologram.

[Drawing 11] It is drawing showing the hologram diffraction efficiency of a photorefractive ingredient, and the relation of a lattice spacing.

[Drawing 12] It is drawing showing a conventional hologram record regenerative apparatus and the conventional code method.

[Description of Notations]

1 Signal Light

2 Reference Beam

3 Read-out Light

4 Diffracted Light

5 Optical Recording Medium

10 Light Source

23 24 Fourier transformer lens

30 Space Optical Modulator

50 Photodetector

---

[Translation done.]

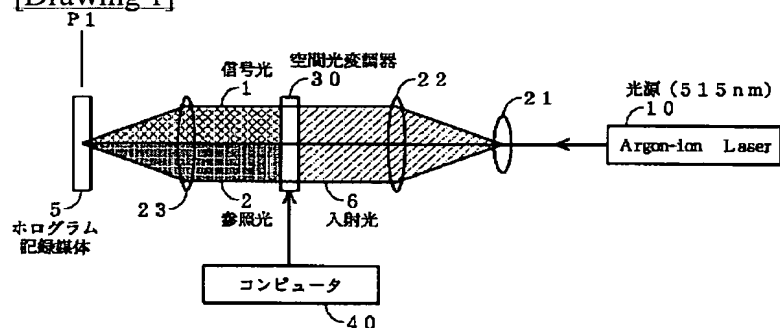
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

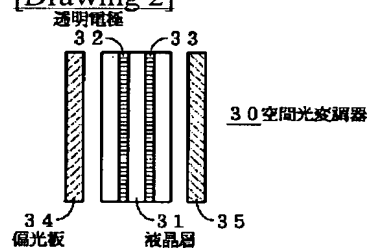
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]



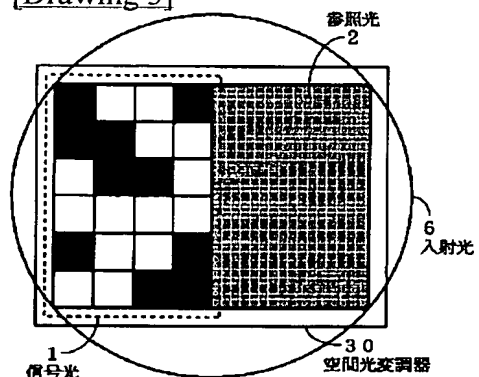
[Drawing 2]



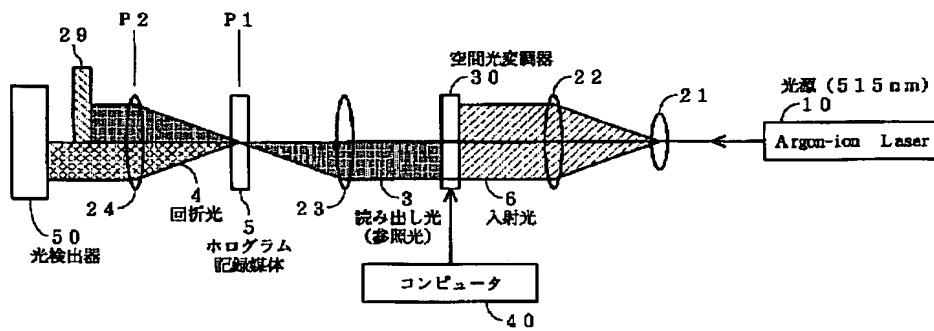
[Drawing 7]



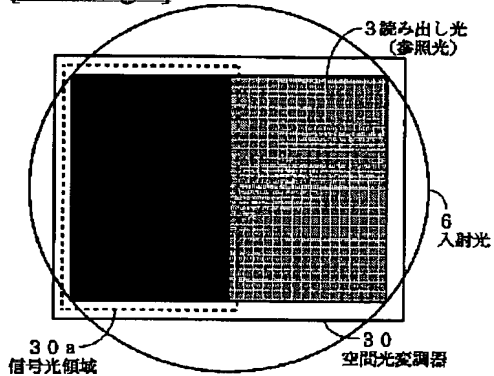
[Drawing 3]



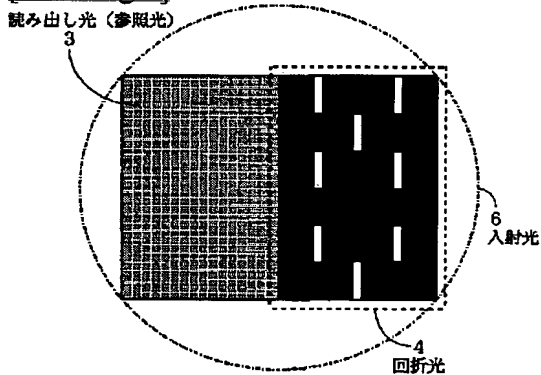
[Drawing 4]



[Drawing 5]



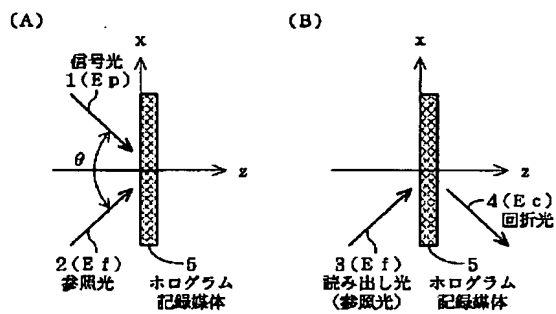
[Drawing 6]



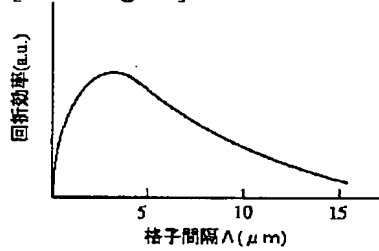
[Drawing 8]



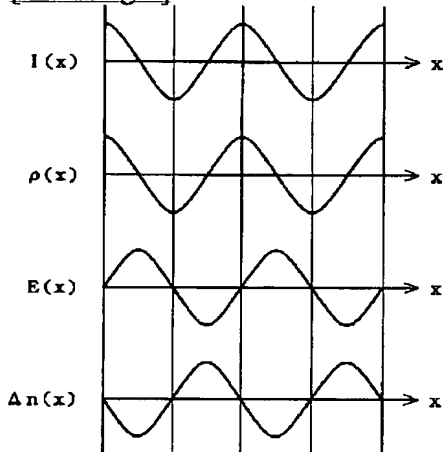
[Drawing 10]



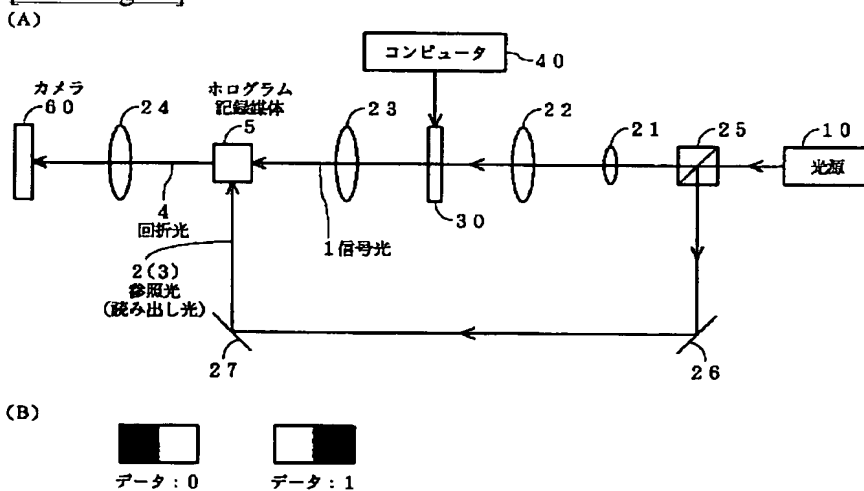
[Drawing 11]



[Drawing 9]



[Drawing 12]



[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-237829

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) Int.Cl.<sup>a</sup>

識別記号

F I

G 0 3 H 1/16

G 0 3 H 1/16

G 0 2 F 1/35

G 0 2 F 1/35

G 0 3 H 1/22

G 0 3 H 1/22

1/26

1/26

G 1 1 C 13/04

G 1 1 C 13/04

C

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-40190

(22) 出願日

平成10年(1998) 2月23日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 河野 克典

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクナカイ富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 馬場 和夫

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクナカイ富士ゼロックス株式会社内

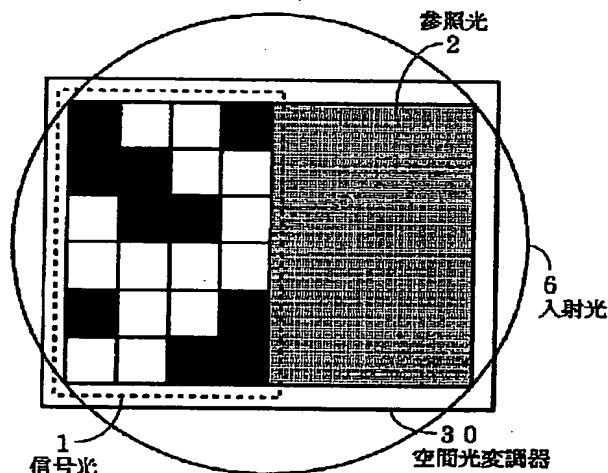
(74) 代理人 弁理士 佐藤 正美

(54) 【発明の名称】 光記録方法、光記録装置、光読み取り方法、光読み取り装置

(57) 【要約】

【課題】 信号光の画像エッジ部分を強調してホログラム記録する場合に、光学系を簡単かつ小型に構成できるとともに、光学系のアライメント調整も不要になり、読み出し時には記録されたデータを高速かつ高S/N比で読み出すことができるようにする。

【解決手段】 光源からのレーザ光を、レンズによって平行光6にして、空間光変調器30に入射させる。入射平行光6のほぼ全てを空間光変調器30のほぼ全面に照射し、空間光変調器30の左半分をデータ表示用に使用して、入射平行光6中の空間光変調器30の左半分に入射する部分の強度を変調して、左半分の透過した光を信号光1とし、空間光変調器30の右半分は全ての画素をオープンにして、入射平行光6中の空間光変調器30の右半分に入射する部分は、無変調のまま空間光変調器30を透過させて、参照光2とする。その信号光1および参照光2を、共通のフーリエ変換レンズによってフーリエ変換して、光記録媒体に同時に照射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】信号光と参照光を同時に光記録媒体に照射して、その光記録媒体中に前記信号光の画像エッジ部分をホログラムとして記録する光記録方法において、信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって信号光および参照光を形成し、その信号光および参照光を共通の結像光学系によってフーリエ変換して光記録媒体に照射することを特徴とする光記録方法。

【請求項 2】請求項 1 の光記録方法において、前記光記録媒体がフォトリフラクティブ材料からなることを特徴とする光記録方法。

【請求項 3】請求項 1 または 2 の光記録方法において、前記信号光は、一本の平行光の一部を前記空間光変調器の一部領域で変調したものとし、前記参照光は、前記一本の平行光の他の一部を前記空間光変調器の他の一部領域を透過させたものとすることを特徴とする光記録方法。

【請求項 4】請求項 1 または 2 の光記録方法において、前記信号光は、一本の平行光の一部を前記空間光変調器で変調したものとし、前記参照光は、前記一本の平行光の他の一部を前記空間光変調器の近傍領域を通過させたものとすることを特徴とする光記録方法。

【請求項 5】請求項 1 ～ 4 のいずれかの光記録方法において、前記空間光変調器によって変調された信号光が、光強度によって二値にコード化された画像であることを特徴とする光記録方法。

【請求項 6】請求項 5 の光記録方法において、前記二値にコード化された画像のエッジ部分にデータ情報を持たせることを特徴とする光記録方法。

【請求項 7】コヒーレント光を発する光源と、データ情報に応じて前記光源からの光を変調して、その波面により前記データ情報を保持する信号光を得る空間光変調器と、前記信号光と、前記光源からの光から形成された参照光を、それぞれフーリエ変換して光記録媒体に照射する共通の結像光学系と、を備える光記録装置。

【請求項 8】請求項 7 の光記録装置において、前記光記録媒体がフォトリフラクティブ材料からなることを特徴とする光記録装置。

【請求項 9】請求項 7 または 8 の光記録装置において、前記光源からの光を一本の平行光に変換する光学手段を備え、前記信号光は、前記一本の平行光の一部を前記空間光変調器の一部領域で変調したものとし、前記参照光は、前記一本の平行光の他の一部を前記空間光変調器の他の一部領域を透過させたものとすることを特徴とする光記録装置。

【請求項 10】請求項 7 または 8 の光記録装置におい

て、

前記光源からの光を一本の平行光に変換する光学手段を備え、

前記信号光は、前記一本の平行光の一部を前記空間光変調器で変調したものとし、前記参照光は、前記一本の平行光の他の一部を前記空間光変調器の近傍領域を通過させたものとすることを特徴とする光記録装置。

【請求項 11】請求項 7 ～ 10 のいずれかの光記録装置において、

10 前記データ情報が、光強度によって二値にコード化された画像であることを特徴とする光記録装置。

【請求項 12】請求項 11 の光記録装置において、前記二値にコード化された画像のエッジ部分にデータ情報を持たせることを特徴とする光記録装置。

【請求項 13】請求項 7 ～ 12 のいずれかの光記録装置において、

前記空間光変調器が液晶空間光変調器であることを特徴とする光記録装置。

【請求項 14】信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって形成され、共通の結像光学系によってフーリエ変換された信号光および参照光が、同時に照射されることによって、前記信号光の画像エッジ部分がホログラムとして記録された光記録媒体から、前記ホログラムを、前記参照光と同じ波面を有する読み出し光によって読み出して、前記信号光の画像エッジ部分を有する回折光を得、そのエッジ部分からデータを読み取る光読み取り方法。

【請求項 15】請求項 14 の光読み取り方法において、前記読み出し光をフーリエ変換して、前記ホログラムに照射することを特徴とする光読み取り方法。

【請求項 16】請求項 14 または 15 の光読み取り方法において、前記回折光をフーリエ変換して、前記データを読み取ることを特徴とする光読み取り方法。

【請求項 17】信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって形成され、共通の結像光学系によってフーリエ変換された信号光および参照光が、同時に照射されることによって、前記信号光の画像エッジ部分がホログラムとして記録された光記録媒体に、前記参照光と同じ波面を有する読み出し光を照射して、前記光記録媒体に記録されたホログラムを読み出す読み出し光光学系と、前記ホログラムからの回折光の波面を検出してデータ情報を読み取る光検出器と、を備える光読み取り装置。

【請求項 18】請求項 17 の光読み取り装置において、光源からの光を一本の平行光に変換する光学手段と、その一本の平行光の光路上に設けた空間光変調器とを備え、

50 この空間光変調器の一部領域を遮光して、前記一本の平

行光の一部を、その遮光した一部領域に照射し、前記読み出し光は、前記一本の平行光の他の一部を、前記空間光変調器の遮光されない他の一部領域を透過させたものとすることを特徴とする光読み取り装置。

【請求項19】請求項17または18の光読み取り装置において、

前記読み出し光をフーリエ変換して、前記ホログラムに照射することを特徴とする光読み取り装置。

【請求項20】請求項17～19のいずれかの光読み取り装置において、

前記回折光をフーリエ変換して、前記光検出器に入射させることを特徴とする光読み取り装置。

【請求項21】信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって形成され、共通の結像光学系によってフーリエ変換された信号光および参照光が、同時に照射されることによって、前記信号光の画像エッジ部分がホログラムとして記録された光記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、データ情報を光記録媒体に記録し、光記録媒体から読み出す方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】相変化型や光磁気型など、書き換え可能な光ディスク装置は、すでに広く普及している。これらの光ディスク装置は、一般の磁気ディスク装置に比べれば、記録密度は一桁以上高いが、画像情報のデジタル記録には、いまだ十分ではない。記録密度を高めるためには、ビームスポット径を小さくして隣接トラックまたは隣接ビットとの距離を短くするなどの必要がある。

【0003】このような技術の開発によって実用化されているものに、DVD-ROMがある。DVD-ROMは、直径12cmのディスクに片面で4.7GByteのデータをできる。書き込み・消去が可能なDVD-RAMは、相変化方式によって、直径12cmのディスクに両面で5.2GByteの高密度記録が可能である。これは、読み出し専用であるCD-ROMの7倍以上、フロッピーディスクの3600枚以上、に相当する。

【0004】このように光ディスクの高密度化は年々進んでいる。しかしその一方で、上記の光ディスクは面内にデータを記録するため、その記録密度は光の回折限界に制限され、高密度記録の物理的限界と言われる5Gb $\mu$ m<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>に近づいている。したがって、更なる大容量化のためには、奥行き方向も含めた3次元（体積型）記録が必要となる。

【0005】体積型の光記録媒体の材料としては、フォトリフラクティブ材料が挙げられる。この材料は、比較的弱い光を吸収して屈折率変化を生じるため、光誘起屈折率変化による情報記録が可能である。このため、大容量化が可能な体積多重ホログラム記録に用いることがで

きる。

【0006】図12(A)に、SCIENCE, VOL. 265, p749(1994)に記載されている、デジタルホログラムメモリの記録再生方法ないし光学系を示す。

【0007】この方法では、ホログラム記録媒体5にLiNbO<sub>3</sub>を用い、光源10からのレーザ光を、ビームスプリッタ25によって2つの光波に分け、ビームスプリッタ25を透過したレーザ光を、レンズ21, 22によって口径の広い平行光にして、空間光変調器30に入射させる。

【0008】空間光変調器30はコンピュータ40によって制御し、空間光変調器30を通過した光として、2次元強度分布を有する信号光1を得る。この信号光1は、レンズ23によってフーリエ変換して、ホログラム記録媒体5上に集光させる。

【0009】一方、ビームスプリッタ25で反射したレーザ光を、ミラー26, 27で反射させて参照光2を得、この参照光2をホログラム記録媒体5に入射させる。このように信号光1と参照光2を同時にホログラム記録媒体5に照射することによって、ホログラム記録媒体5中にホログラムを記録する。

【0010】ホログラム読み出し時には、上記のようにして得られる参照光2のみを、読み出し光3としてホログラム記録媒体5に照射する。これによって、読み出し光3は、あたかも信号光1がホログラム記録媒体5を通過したかのように信号光1の光路上に回折される。その回折光4を、レンズ24によってカメラ60上に結像させる。

【0011】この方法では、データ入力には空間光変調器30を用い、ビットデータの表示には微分コード法を用いている。微分コード法では、図12(B)に示すように、2画素をペアとして用い、例えば、データ「0」を「暗明」で、データ「1」を「明暗」で表す。

【0012】このような微分コード法を用いれば、明暗の数は常に同じであるので、空間光変調器30を通過した物体光の光量も一定となる。そのため、各ページごとに参照光2の強度を調整する必要がない。また、ホログラムの再生では光量むらが発生しやすく、白黒レベルの区切りを一樣につけるのは難しいが、微分コード法によれば、エッジを読むだけでよく、ノイズにも強い。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の方法には、以下に示すような問題がある。

【0014】通常、ホログラムを記録するには、データ情報を有する信号光と、これと干渉する参照光が必要である。これら2光波は、ホログラム媒体中で干渉しなければならないため、これら2光波を同一のレーザ光源から分離して生成し、かつ、これら2光波の光路差をレーザの可干渉距離以内にすることが必要である。しかし、実用

上、光源にはレーザダイオードを用いることが考えられるが、レーザダイオードの可干渉距離は非常に短いため、光学系のアライメントに非常に高い精度が要求される。

【0015】さらに、信号光と参照光をホログラム媒体中で交差させる必要があるが、信号光をレンズによって集光したフーリエ変換ホログラムを記録する場合には、信号光のスポットがホログラム媒体中で非常に小さくなるため、参照光をこれに合わせるのには非常に難しい。

【0016】また、信号光と参照光はそれぞれ独立な光路を通過するため、それぞれが外光や光学系などのノイズの影響を受けて、再生画像が劣化するという問題もある。さらに、信号光と参照光にそれぞれ独立な光路を必要とするので、システムをコンパクトにできない。

【0017】また、従来の方法では、図12(B)に示した微分コード法によってデータのエッジを読み取る。しかし、微分コード法は、2画素によって1ビットのデータを表示するため、画素の利用効率が0.5と低い。そのため、1ページに記録できるデータ密度が低下するという問題がある。

【0018】さらに、微分コード法では、ホログラム再生像をCCDなどの2次元受光素子で取り込んで、シリアルな電気信号に変換した後、電氣的にエッジを読み取ってビットデータに変換するため、処理に時間がかかり、転送速度が低下するという問題もある。すなわち、ホログラムからは複数のビット情報を並列に読み取れても、電氣的なデータ処理はシリアルに行うため、結果的に速い転送速度が達成できない。

【0019】そこで、この発明は、データ情報をホログラムとして記録する方法において、光学系を簡単かつ小型で、アライメント調整も不要なものとすることができるとともに、高密度記録が可能となり、再生時には高速転送が可能となるようにしたものである。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段】この発明の光記録方法では、信号光と参照光を同時に光記録媒体に照射して、その光記録媒体中に前記信号光の画像エッジ部分をホログラムとして記録する光記録方法において、特に、信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって信号光および参照光を形成し、その信号光および参照光を共通の結像光学系によってフーリエ変換して光記録媒体に照射する。

【0021】この発明の光読み取り方法では、信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって形成され、共通の結像光学系によってフーリエ変換された信号光および参照光が、同時に照射されることによって、前記信号光の画像エッジ部分がホログラムとして記録された光記録媒体から、前記ホログラムを、前記参照光と同じ波面を有する読み出し光によって読み出して、前記信号光の画像エッジ部分を有する回折光を得、そのエッジ

部分からデータを読み取る。

#### 【0022】

【作用】この発明の光記録方法で用いる光記録媒体としては、ホログラムを記録できるものであれば、どのようなものでもよいが、特にフォトリフラクティブ材料が好適である。フォトリフラクティブ材料は、(1)数mW程度の低いレーザ光パワーで、 $\Delta n = 10^{-6} \sim 10^{-2}$ というような大きな非線形屈折率変化が得られる、(2)可視光波長域から近赤外波長域にかけて非共鳴的に感度があるため、光吸収による損失が少ない、(3)メモリ効果がある、などの理由により、書き換え可能なホログラムメモリ用の材料として注目されている。

【0023】フォトリフラクティブ効果を発現するには、第1に、不純物や欠陥に起因する準位が存在することが必要である。これをPR中心という。PR中心は、光によってイオン化され、自由キャリア(電子または正孔)を放出する。この自由キャリアは、拡散や電場によるドリフトなどによって物質中を移動した後、イオン化されたPR中心と再結合し、結果的に電荷が移動したことになる。照射する光が空間的に不均一であれば、物質中に空間電荷分布、したがって電場分布を生じる。ここで、第2の条件として、フォトリフラクティブ物質が電気光学効果を持てば、内部の電場分布による屈折率変化を生じることになる。

【0024】以上のように、フォトリフラクティブ効果を発現するのに本質的な素過程は、(1)光励起によるキャリアの生成、(2)キャリアの輸送、(3)空間電場の形成、(4)電気光学効果による屈折率の変化、の4つである。

【0025】この過程を、図9を用いて示す。まず、フォトリフラクティブ材料にコヒーレントな2光波を照射して、干渉縞 $I(x)$ を形成する。光強度の強い場所では、ドナー準位の電子が伝導帯に励起され、拡散またはドリフトにより移動して、光強度の弱い場所に捕獲される。したがって、光強度の強い場所ではプラス電荷が残り、弱い場所ではマイナス電荷が溜まって、電荷分布 $\rho(x)$ が形成され、静電場 $E(x)$ を生じる。そして、この静電場 $E(x)$ による電気光学効果の結果として、屈折率変化 $\Delta n(x)$ を生じる。この屈折率変化 $\Delta n(x)$ の周期は、干渉縞 $I(x)$ の周期と同じであり、この屈折率格子は、ホログラム回折格子として作用する。

【0026】図9は拡散によって電荷が移動する場合を示したものであるが、光の分布と電場の分布では90°位相がずれていることがわかる。外部電場が印加されていたり、光起電力効果があると、この位相ずれは90°ではなくなる。

【0027】ホログラフィは、ホログラムを記録する段階と、再生する段階に分けられる。記録段階では、図10(A)に示すように、情報を有する信号光( $E_p$ )1

7

と参照光 (E f) 2 とを、ホログラム記録媒体 5 に同時に照射して、ホログラム記録媒体 5 中に両者の干渉縞を \*

$$T \sim (A_p + A_f)(A_p^* + A_f^*) \\ = |A_p|^2 + |A_f|^2 + A_p A_f^* + A_f A_p^* \quad \dots (1)$$

で表される。ただし、 $A_p$ 、 $A_f$  は、それぞれ光波 E p、E f の  $z=0$  の面での複素振幅である。

【0028】再生段階では、図 10 (B) に示すように、記録時の参照光 (E f) 2 と同じ読み出し光 (E

$$A_c = T A_f \sim (|A_p|^2 + |A_f|^2) A_f \\ + |A_f|^2 A_p + A_f^2 A_p^* \quad \dots (2)$$

で与えられ、第 2 項のみが Bragg の条件を満たす。

$$A_c \sim |A_f|^2 A_p$$

であり、位相因子  $\exp[-i(k_p) \cdot r]$  を有し、 $z > 0$  で信号光 (E p) 1 と同じ波面を持つことになる。

【0029】発明者は、実験研究の結果、記録時の信号光と参照光のなす角度が非常に小さい場合、特に、一本の平行光をほぼ全面に渡って空間光変調器に照射し、空間光変調器によって入射平行光の一部の領域を変調したときの、その変調された部分の透過光を信号光とし、変調されない部分の透過光を参照光とした場合には、記録されたホログラムを読み出したとき、信号光の 2 次元強度分布 (画像) のエッジ (輪郭、境界) が強調された回折光が得られることを見出した。

【0030】これは、以下のように説明することができる。2 光波のなす角度が小さく、かつ、どちらか一方、または両方の光波がレンズで集光されている場合、2 光★

$$\Delta = \lambda / 2n \cdot \sin \{ (1/2) \sin^{-1} \{ (1/n) \sin \theta \} \} \quad \dots (4)$$

で与えられる。

【0033】この式から、信号光の非エッジ部分で回折不い透過光成分と参照光とによって形成される格子間隔を見積もることができる。例えば、屈折率  $n=1$ 、

5、波長  $\lambda = 500 \text{ nm}$  を仮定して、光軸に対して垂直な方向に  $2 \text{ cm}$  離れた点光源の信号光と参照光を、ともに焦点距離  $30 \text{ cm}$  のレンズで結像させた場合の、2 光波が形成する格子間隔を計算すると、およそ  $15 \mu\text{m}$  となる。2 光波の干渉領域が  $\sim 100 \mu\text{m} \phi$  であれば、その領域内に形成される回折格子は高々数本であり、強い回折光を得るには十分ではない。このため、信号光のエッジ以外の領域ではホログラム記録が十分に行われな

と考えられる。

【0034】さらに、光記録媒体としてフォトリフラクティブ材料を用いることによって、上記の輪郭強調の効果を増強することができる。図 11 は、フォトリフラクティブ材料の最も一般的な、ホログラム回折効率の格子間隔依存性を示す。材料によって多少の違いはあるものの、格子間隔が数  $\mu\text{m}$  で高い回折効率を示し、それ以上の格子間隔では回折効率が低くなる。これは、フォトリフラクティブ媒体中に形成される内部電場の強さが格子間隔に依存することによる。

8

\*記録する。このときの透過率 T は、

※ f) 3 を、ホログラム記録媒体 5 に照射する。このとき、ホログラム記録媒体 5 の右方向に回折される光波 (E c) 4 の電界 A c は、

第 2 項は、

$$\dots (3)$$

★波の干渉領域は小さいにもかかわらず、光記録媒体中に形成される干渉縞の間隔が広くなり、2 光波が干渉する領域に十分な本数の回折格子が記録されないという現象を生じる。そのため、信号光の強度分布の変化がないところでは、ホログラム回折に十分な記録が行われない。

【0031】しかし、信号光の強度分布の変化があるところ、すなわち画像のエッジ部分では、光波の回折現象によって信号光と参照光のなす角度が大きくなり、光記録媒体中に形成される干渉縞の間隔が狭くなる。そのため、2 光波が干渉する領域に十分な本数の回折格子が記録され、信号光のエッジ部分のみがホログラムとして記録される。

【0032】信号光と参照光のなす角度を  $\theta$ 、光記録媒体の屈折率を  $n$ 、2 光波の波長を  $\lambda$  とすると、2 光波による干渉縞の間隔、すなわち回折格子の格子間隔  $\Delta$  は、

【0035】したがって、信号光の強度分布の変化がないところでは、信号光と参照光のなす角度が小さく、格子間隔は広いままであるので、ホログラム回折光強度が低くなる。これに対して、信号光の強度分布の変化があるところ、すなわち画像のエッジ部分では、エッジ部分での回折によって入射角度が変わるため、格子間隔が狭くなって、ホログラム回折光強度が高くなる。このため、信号光のエッジ部分が強調されたホログラム回折光が得られることになる。

【0036】この点に着目して、上述したように、この発明の光記録方法では、信号光と参照光を同時に光記録媒体に照射して、その光記録媒体中に前記信号光の画像エッジ部分をホログラムとして記録する光記録方法において、特に、信号光形成用の空間光変調器を含む共通の光学系によって信号光および参照光を形成し、その信号光および参照光を共通の結像光学系によってフーリエ変換して光記録媒体に照射するものである。

【0037】したがって、この発明の光記録方法によれば、特別な処理を必要としないで、信号光の画像エッジ部分を強調してホログラム記録することができる。

【0038】また、上記の点に着目して、上述したように、この発明の光読み取り方法では、信号光形成用の空

間光変調器を含む共通の光学系によって形成され、共通の結像光学系によってフーリエ変換された信号光および参照光が、同時に照射されることによって、前記信号光の画像エッジ部分がホログラムとして記録された光記録媒体から、前記ホログラムを、前記参照光と同じ波面を有する読み出し光によって読み出して、前記信号光の画像エッジ部分を有する回折光を得、そのエッジ部分からデータを読み取る。

【0039】したがって、この発明の光読み取り方法によれば、特別な処理を必要としないで、信号光の画像エッジ部分が強調された再生像を得ることができる。

【0040】

【発明の実施の形態】〔光記録方法および光記録装置の実施形態〕図1は、この発明の光記録方法および光記録装置の一実施形態を示す。光源10は、ホログラム記録媒体5に感度のある波長のコヒーレント光を発するものであればよい。図の例は、アルゴンイオンレーザの発振線515nmを用いた場合である。

【0041】この光源10から出射したレーザ光を、2つのレンズ21、22によって平行光6にして、空間光変調器30に入射させる。空間光変調器30としては、電圧アドレス型の液晶パネルや、電気光学結晶にマトリックス電極を付けたものなどを用いることができる。

【0042】この例では、空間光変調器30として、図2に示すような液晶空間光変調器を用いる。液晶空間光変調器は、液晶層31が透明電極32および33によって挟まれ、その外側に互いにクロスした偏光板34および35が配されたもので、入射光の振幅ないし強度を変調することができる。

【0043】ホログラムに記録すべきデータ情報は、コンピュータ40で、コード化して2次元デジタルデータとし、またはアナログの2次元画像情報として、コンピュータ40から空間光変調器30に出力して、空間光変調器30上に表示し、記録すべきデータ情報に応じて、空間光変調器30に入射する平行光6の強度を2次元に変調する。

【0044】空間光変調器30上へのデータ情報の表示の例を、図3に示す。同図は、入射平行光6のほぼ全てを空間光変調器30のほぼ全面に照射する場合で、空間光変調器30を通過した後の波面を表したものである。

【0045】この場合、空間光変調器30の左半分をデータ表示用にして、入射平行光6中の空間光変調器30の左半分に入射する部分の強度を変調し、空間光変調器30の右半分は全ての画素をオープンにして、入射平行光6中の空間光変調器30の右半分に入射する部分は、無変調のまま空間光変調器30を透過させる。したがって、空間光変調器30の左半分を透過した光が信号光1となり、右半分を透過した光が参照光2となる。

【0046】ただし、入射平行光6のほぼ半分を空間光変調器のほぼ全面に入射させて、その透過光を信号光1

とし、入射平行光6の空間光変調器を通過しない残り半分を参照光2としてもよい。

【0047】このようにデータ情報に応じて強度が2次元に変調された、空間光変調器30のデータ表示領域を通過した光を、信号光1として、一方、強度が変調されていない、空間光変調器30のオープン領域を通過した光を、参照光2として、それぞれフーリエ変換レンズ23によってフーリエ変換して、ホログラム記録媒体5に同時に照射する。

【0048】これによって、ホログラム記録媒体5中で、データ情報によって変調された信号光1と、変調されていない参照光2とが干渉して、データ情報を保持する信号光1の画像エッジ部分がホログラムとして記録される。

【0049】以上のように、この発明の光記録方法ないし光記録装置によれば、特別な処理を必要としないで、信号光1の画像エッジ部分を強調してホログラム記録することができる。さらに、信号光1と参照光2は、それぞれフーリエ変換レンズ23によってホログラム記録媒体5上に集光され、互いに干渉するため、信号光1と参照光2に独立な光路を必要とせず、光学系を簡単かつ小型に構成できるとともに、光学系のアライメント調整も不要になるという利点がある。

【0050】〔光読み取り方法および光読み取り装置の実施形態〕図4は、この発明の光読み取り方法および光読み取り装置の一実施形態を示す。この実施形態の光読み取り装置は、図1の光記録装置に、フーリエ変換レンズ24、およびCCDなどの2次元の光検出器50を付加したものである。ホログラム記録媒体5には、上述した方法によってデータ情報が記録されている。

【0051】光源10としては、記録時のものと同じものを用いる。記録時と同様に、この光源10から出射したレーザ光を、2つのレンズ21、22によって平行光6にして、空間光変調器30に入射させる。空間光変調器30としても、記録時のものと同じものを用いる。

【0052】そして、ホログラム読み出し時には、コンピュータ40によって、図5に示すように、空間光変調器30の記録時にデータ情報を表示した信号光領域30aを全て遮光し、参照光領域は全ての画素をオープンにして、入射光6中の、この参照光領域を透過した部分の光波を読み出し光（参照光）3とする。

【0053】ただし、図5は、記録時、図3に示したように、空間光変調器30の左半分をデータ表示用にして強度変調された信号光1を得、右半分は参照光形成用に全ての画素をオープンにした場合である。記録時、入射光6のほぼ半分を空間光変調器のほぼ全面に入射させて、その透過光を信号光1とし、入射光6の空間光変調器を透過しない残り半分を参照光2とする場合には、読み出し時、空間光変調器の全ての画素を遮光すればよい。

【0054】このように、入射光6中の空間光変調器30の参照光領域を透過した光、または空間光変調器を透過することなく、その片側を通過した光を、読み出し光3として、フーリエ変換レンズ23によってフーリエ変換して、ホログラム記録媒体5に照射する。

【0055】これによって、ホログラム記録媒体5中で、データ情報によって変調された信号光1と、変調されていない読み出し光3とが干渉して、データ情報を保持する信号光1の画像エッジ部分が記録されているホログラムが読み出される。読み出された回折光4は、あたかも信号光1がホログラム記録媒体5を通過したような方向に回折される。

【0056】ホログラム記録媒体5中の信号光1はフーリエ変換レンズ23によってフーリエ変換されているので、回折光4をフーリエ変換レンズ24により逆フーリエ変換することによって、フーリエ変換レンズ24の焦点面で、信号光1の画像エッジ部分が強調された再生像を観察することができる。この再生像を、CCDやフォトディテクタレイなどの光検出器50によって検出して、信号光1の画像エッジ部分が有するデータ情報を読み取る。

【0057】ただし、このとき、再生像は読み出し光3の隣りに現れるので、光検出器50の位置を適切に調整し、または必要があればマスク29によって読み出し光3を遮断する。

【0058】図6は、読み出された回折光4を示す。図3に示した信号光1の画像水平方向のエッジ部分が強調されている。これは、空間光変調器30によって信号光1と参照光2を水平方向に分離しているためである。

【0059】以上のように、この発明の光読み取り方法ないし光読み取り装置によれば、特別な処理を必要としないで、信号光1の画像エッジ部分が強調された再生像を得ることができる。さらに、二値のデジタルデータを取り扱う場合には、以下に示すコード法によって、記録されたデータを高速かつ高SN比で読み出すことができる。

【0060】「10011011」というデータ内容の8bitのデータ列を、例に示す。記録時、このデータ列は、空間光変調器30によって、図7(A)に示すように、水平方向に「暗明明明暗明明暗明」の順に強度変調された信号光1に変換される。ここで、隣接する画素が「暗明」または「明暗」であれば、データ「1」を表し、「暗暗」または「明明」であれば、データ「0」を表すように設定したものである。図7には、複数行のデータ列のうちの、一行分のみを示している。

【0061】この信号光1を上記した光記録装置でホログラム記録媒体5中に記録し、その再生像を上記した光読み取り装置で読み出すと、図7(B)に示すように、信号光1の画像エッジ部分が強調された回折光4が得られる。ただし、図7(B)は便宜上、得られた再生像を

左右反転させて示している。この再生像のエッジ部分が、ちょうどデータ「1」に対応するので、回折光4から再生像のエッジ位置を読み取るだけで、「10011011」というデータ列を読み取ることができる。

【0062】したがって、このコード法によれば、図12(B)に示して上述した微分コード法のように、再生像をシリアルな電気信号に変換してから、電氣的にエッジを読み取るという処理を必要としない。そのため、高速転送が可能となる。さらに、再生像のエッジ部分によりデータを読み取るので、回折光4の強度斑などによるSN比の劣化を大幅に防止することができる。

【0063】さらに、微分コード法では、2画素によって1ビットのデータを表示するので、記録密度が低下するが、上記のコード法では、1画素を1ビットのデータに対応させるので、微分コード法に比べて記録密度を2倍にすることができる。

【0064】データ情報に依存しないで信号光の全強度を一定に保つには、図8(A)に示すように、本来の信号光の画素データ列1aに対して、これとちょうどネガポジの関係になるような画素データ列1bを下段に追加し、その2列の画素データ列1a、1bをペアとして信号光1に用いる。ただし、図8には、複数行のペア・データ列のうちの、一行のみを示している。

【0065】このように、互いにネガポジの関係にあるデータ列1a、1bをペアにすることによって、データ情報に依存しないで信号光1の全強度を一定に保つことができる。さらに、信号光1の画像エッジ部分が強調された再生像は、図8(B)に示すように、2列のデータ列4a、4bが同じ空間強度分布を持つものとなる。したがって、これら2列のデータ列4a、4bを読み込み、比較することによって、SN比の向上と誤り検出が可能となる。ただし、図8(B)は便宜上、得られた再生像を左右反転させて示している。

【0066】〔実施例〕上述した方法で、実際に記録再生を試みた。ホログラム記録媒体5としては、ホログラムを記録できるものであれば、どのようなものでもよいが、ここでは、フォトリフラクティブ効果を示す鉄ドーブルLiNbO<sub>3</sub>を用いた。鉄のドーブ量は0.02mol%であり、結晶のc軸を入射光6に対してほぼ90°の角度に配置した。

【0067】データ情報の記録には、図1に示した光記録装置を用いた。光源10には、上述したアルゴンイオンレーザの発振線515nmを使用した。空間光変調器30には、一画素の大きさが42μm×42μmで640×480画素のプロジェクタ用液晶パネル1.3型を用いた。

【0068】図3に示した内容のデータ情報をコンピュータ40で作成して、空間光変調器30に入力した。これによって、上述した方法でホログラム記録媒体5中にホログラムを記録した。

【0069】図4に示した光読み取り装置によって、上記のように記録したホログラムからデータを読み出すことを試みた。光源10には、記録時と同じアルゴンイオンレーザの発振線515nmを用いた。空間光変調器30は、コンピュータ40によって、図5に示したように信号光領域30aを全て遮光し、参照光領域は全て光を透過させるように制御した。

【0070】図6は、このとき、ホログラムから得られて光検出器50によって検出された回折光4を示し、信号光1の画像エッジ部分が強調されていることを確認した。

【0071】

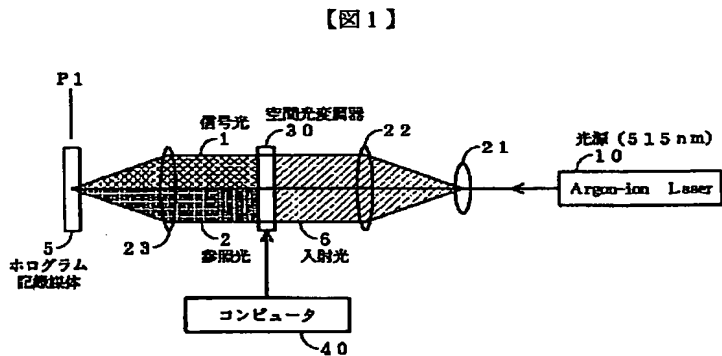
【発明の効果】上述したように、この発明の光記録方法および光記録装置によれば、特別な処理を必要としないで、信号光の画像エッジ部分を強調してホログラム記録することができる。さらに、信号光と参照光にそれぞれ独立な光路を必要としないので、光学系を簡単かつ小型に構成できるとともに、光学系のアライメント調整も不要になる。

【0072】また、この発明の光読み取り方法および光読み取り装置によれば、特別な処理を必要としないで、信号光の画像エッジ部分が強調された再生像を得ることができる。さらに、二値のデジタルデータを取り扱う場合には、記録されたデータを高速かつ高SN比で読み出すことができる。

【0073】また、この発明の光記録方法および光読み取り方法は、角度多重記録、波長多重記録、位相コード多重記録、シフト多重記録などのホログラム多重記録への適用も可能で、高密度記録にも適する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光記録方法および光記録装置の一例



を示す図である。

【図2】この発明で用いる空間光変調器の一例を示す図である。

【図3】ホログラム記録時の信号光と参照光の一例を示す図である。

【図4】この発明の光読み取り方法および光読み取り装置の一例を示す図である。

【図5】読み出し時の読み出し光の一例を示す図である。

【図6】読み出し時の回折光の一例を示す図である。

【図7】記録時の信号光および読み出し時の回折光の一例を示す図である。

【図8】記録時の信号光および読み出し時の回折光の一例を示す図である。

【図9】フォトリフラクティブ効果を示す図である。

【図10】ホログラムの記録再生方法を示す図である。

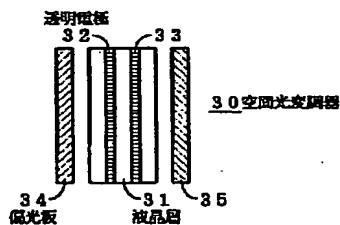
【図11】フォトリフラクティブ材料のホログラム回折効率と格子間隔の関係を示す図である。

【図12】従来のホログラム記録再生装置とコード法を示す図である。

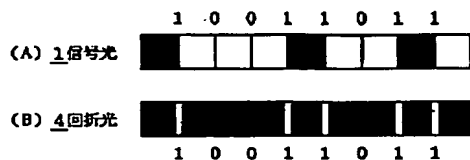
【符号の説明】

- 1 信号光
- 2 参照光
- 3 読み出し光
- 4 回折光
- 5 光記録媒体
- 10 光源
- 23, 24 フーリエ変換レンズ
- 30 空間光変調器
- 50 光検出器

【図2】

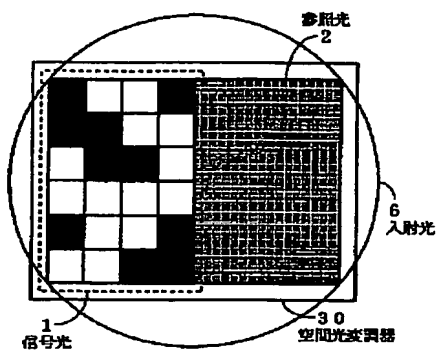


【図7】

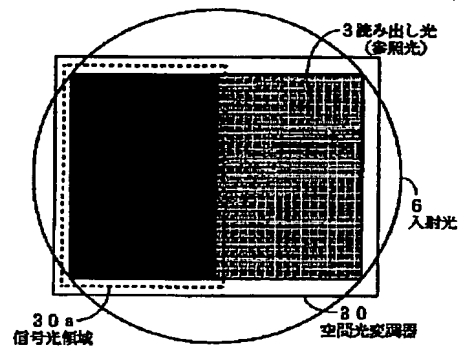




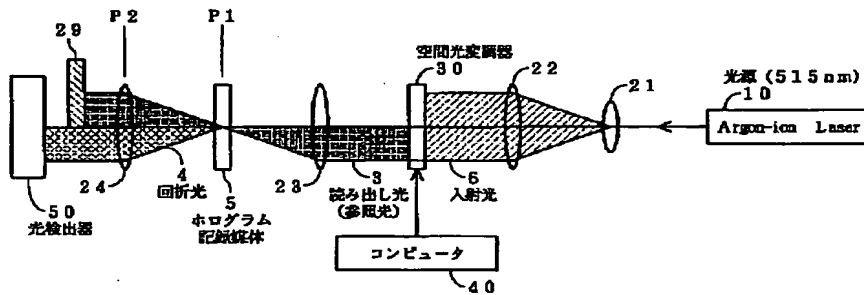
【図3】



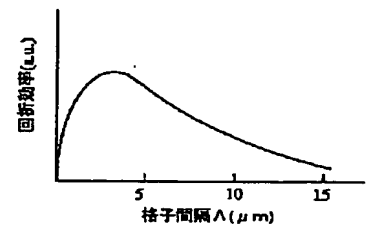
【図5】



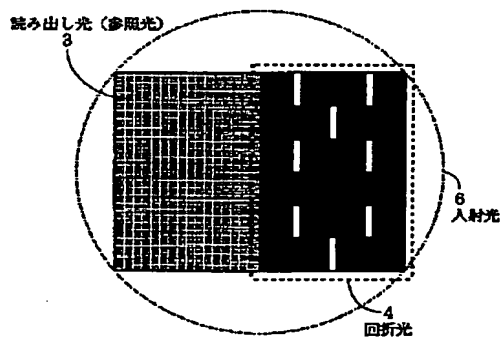
【図4】



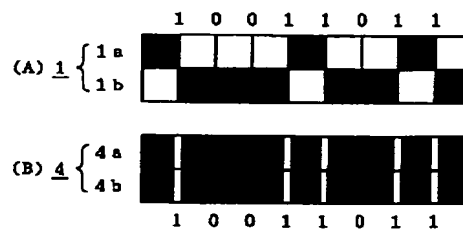
【図11】



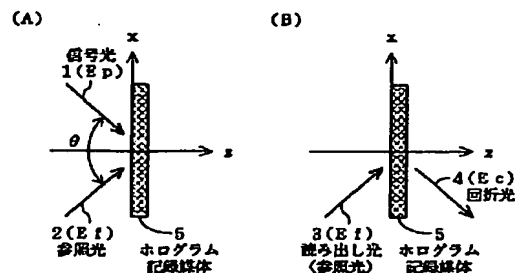
【図6】



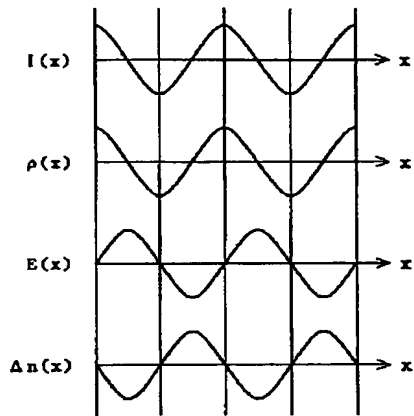
【図8】



【図10】



【図9】



【図12】

